

1 JUILLET 2025 – LARD – CEA SACLAY

MESURE ET ESTIMATION DES ENERGIES SECONDAIRES DANS LES CHAMPS DITS « MONO ÉNERGÉTIQUES ». MISE EN ŒUVRE DE ROUTINES DE MESURES SUR L'INSTALLATION AMANDE PAR LA MÉTHODE DU TEMPS DE VOL

ETATS D'AVANCEMENT

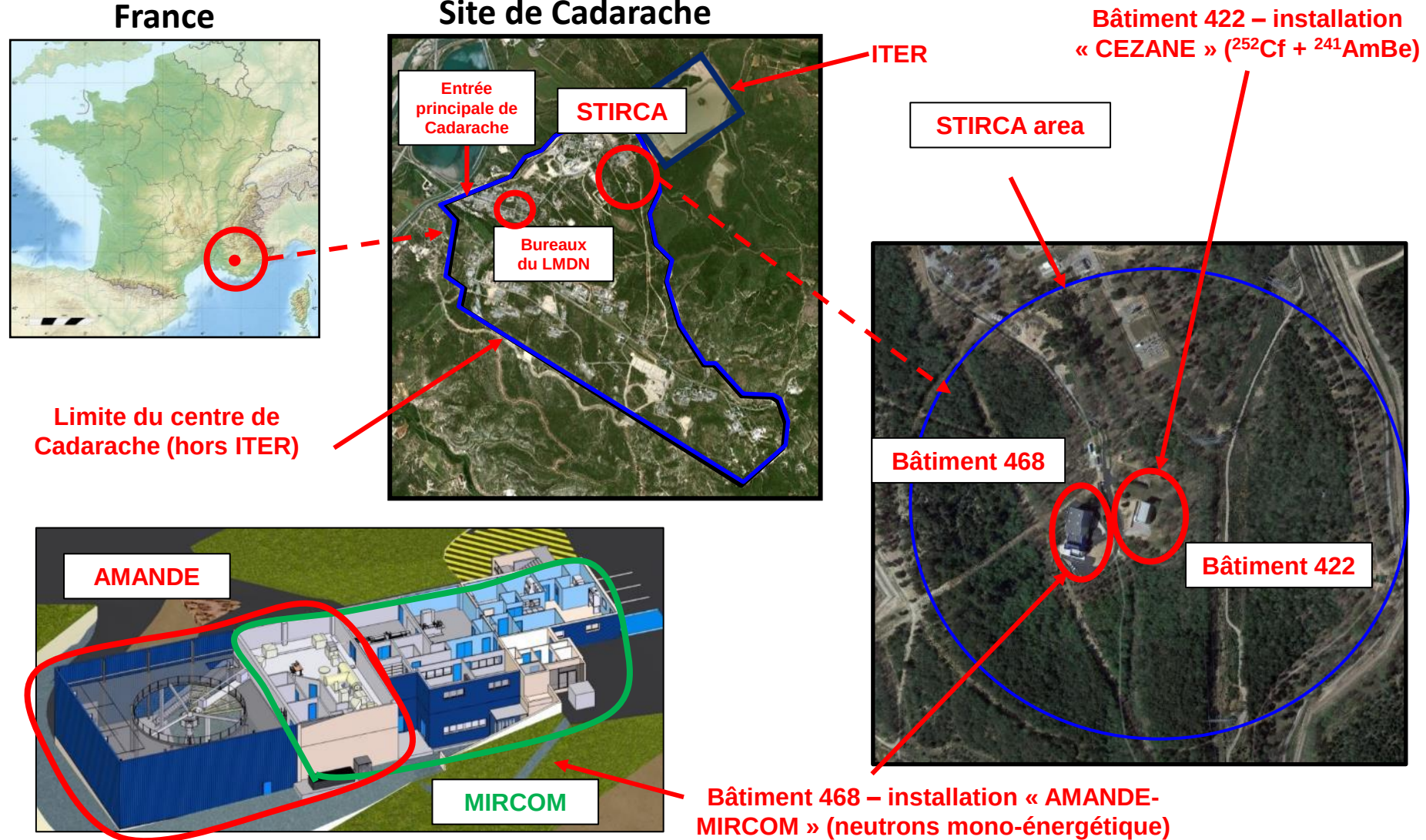
M. Petit¹, D. Quevauvillers¹, C. Reynard-Carette², Q. Thomas¹

¹ Autorité de Sûreté Nucléaire et de Radioprotection (ASNR), PSE-SANTE/SDOS/LMDN, 13115 Saint Paul Lez Durance, France

² Aix Marseille Univ, Université de Toulon, CNRS, IM2NP, Marseille, France

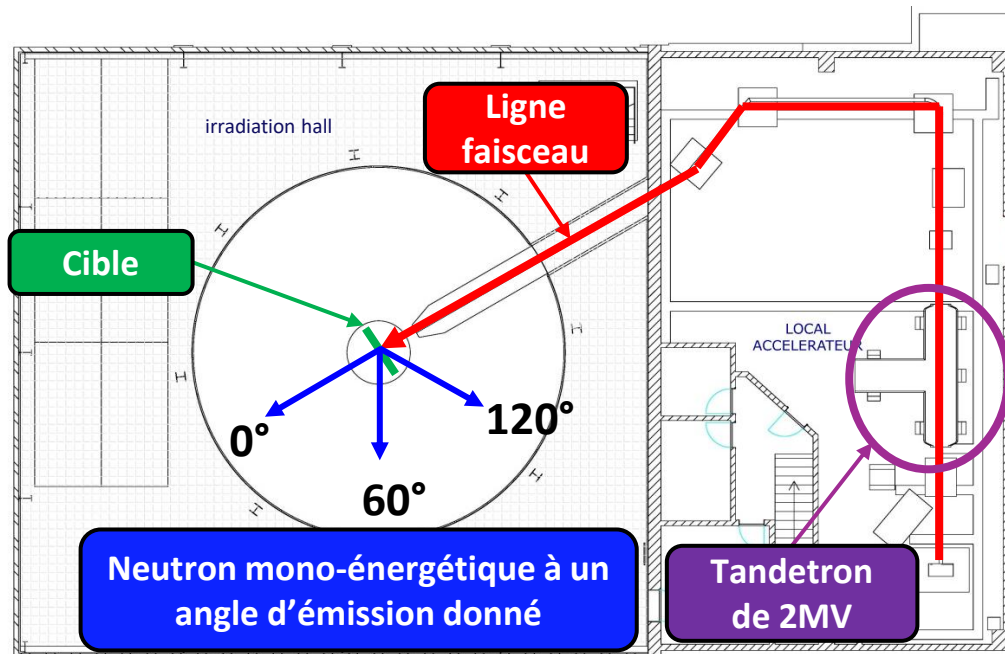
Contact : LMDN-SECRETARIAT@asnr.fr

L'installation AMANDE-MIRCOM



Installation AMANDE

Accélérateur pour la *M*étrologie et les *A*pplications *N*eutrons en *D*osimétrie *E*xterne



- ➔ 4 MeV proton /deuton
- ➔ 6 MeV alpha
- ➔ ~10 MeV for B, C, N and O

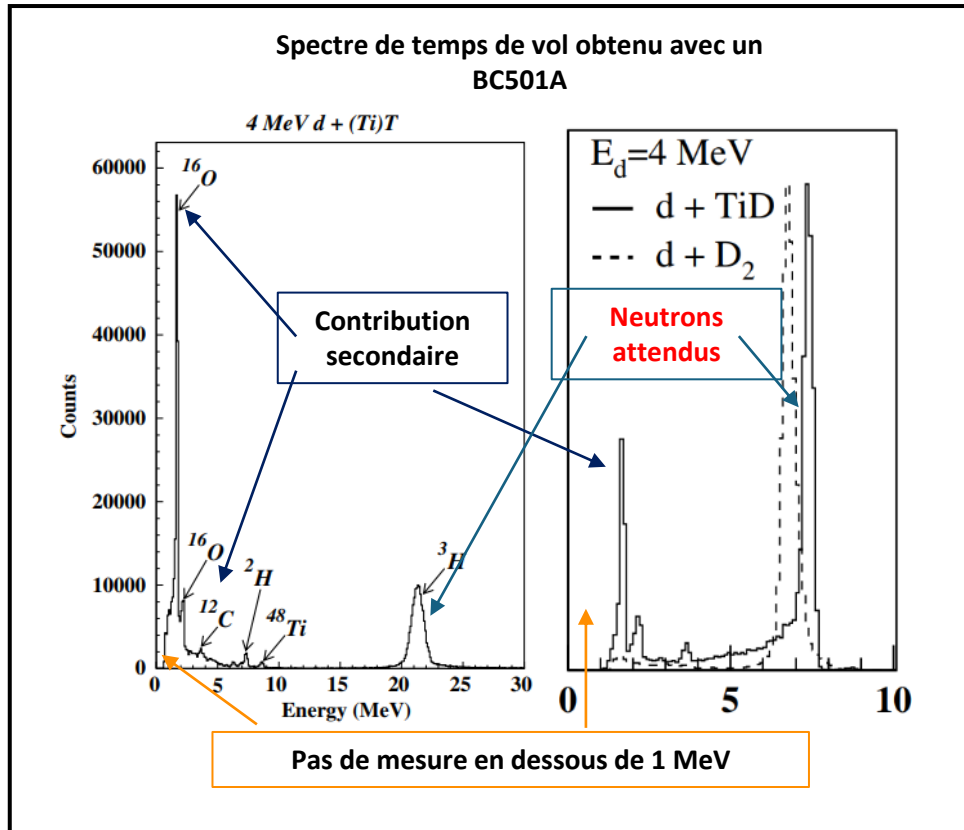
Particules incidentes	Cible	Reactions	Energie des neutrons à 0° (norme ISO 8529)
Protons	Scandium	$^{45}\text{Sc}(p,n)^{45}\text{Ti}$	24 keV
	Lithium	$^7\text{Li}(p,n)^7\text{Be}$	144 keV 250 keV 565 keV
	Tritium	$^3\text{H}(p,n)^3\text{He}$	1,2 MeV 2,5 MeV 2,8 MeV
Deutons	Deuterium	$^2\text{H}(d,n)^3\text{He}$	5 MeV
	Tritium	$^3\text{H}(d,n)^4\text{He}$	14,8 MeV 17 MeV 19 MeV

Sur AMANDE, la production de neutron purement mono-énergétique est limité à une faible plage en énergie. En pratique (100 keV -> 3.2 MeV)

Cible et production de neutrons secondaire

Garantir les références sur AMANDE nécessite de garantir la qualité des cibles

- Erreur de cible : Deutérium au lieu de Tritium, mauvaise épaisseur de cible
- Modification du support de cible-> ie cible TiT sur un support Au
- **Il est nécessaire de déterminer les contributions secondaires et d'en quantifier la fluence**



Radiation Protection Dosimetry, 2023, 199(15–16), 1894–1897
<https://doi.org/10.1093/rpd/ncac256>
Paper

OXFORD

Extended time-of-flight measurements down to 100 keV at the AMANDE facility with a stilbene scintillator

Michael Petit^{1,*}, Augusto Di Chicco^{2,4,5}, Alix Sardet³, Richard Babut¹, Robert Jacqmin² and Brian Stout⁴

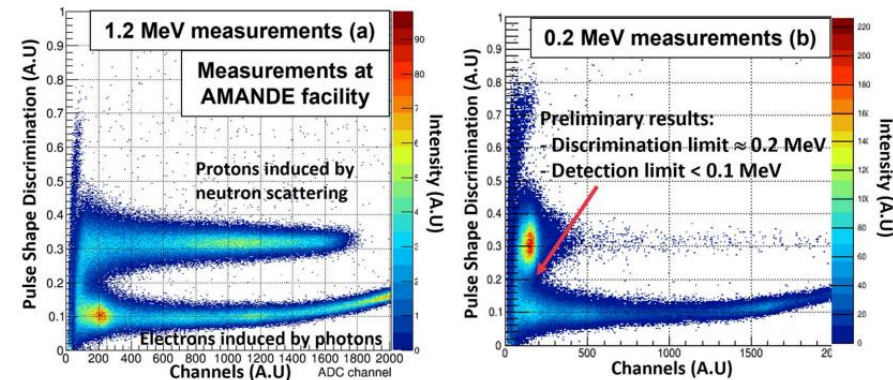


Figure 1. Neutron measurement at AMANDE in a neutron field produced by the $^3\text{H}(p,n)^3\text{He}$ reaction at 2.04 MeV proton energy: (a) at 0° (i.e. with 1.2 MeV neutrons) and (b) at 150° (i.e. with 170-keV neutrons). The neutron-photon discrimination limit is around 200-keV neutron energy, although the detector is still able to detect recoil protons generated down to less than 100 keV.

From : C. Varignon et al. / Nucl. Instr. and Meth. in Phys. Res. B 248 (2006).
CEA measurements (France)

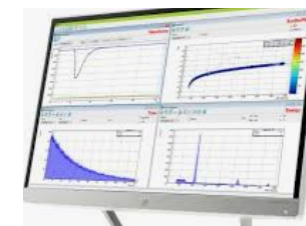
Le système d'acquisition

4 scintillateurs de dimension 2"×2"



Un DT5730 de CAEN + logiciel COMPASS

▪ Utilisé en mode « list »



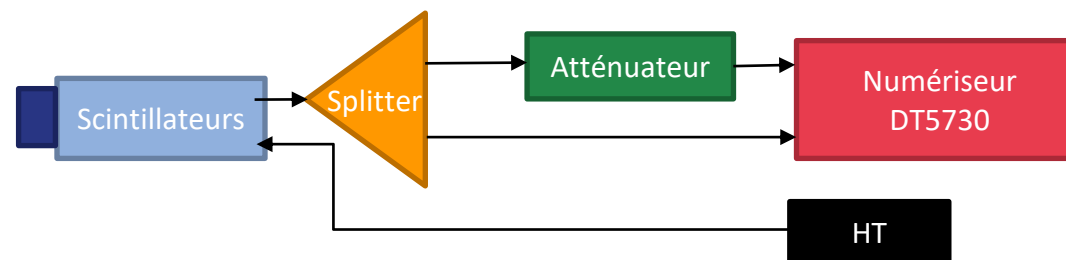
Scintillateurs stilbènes

Numériseur

Ordinateur



HT

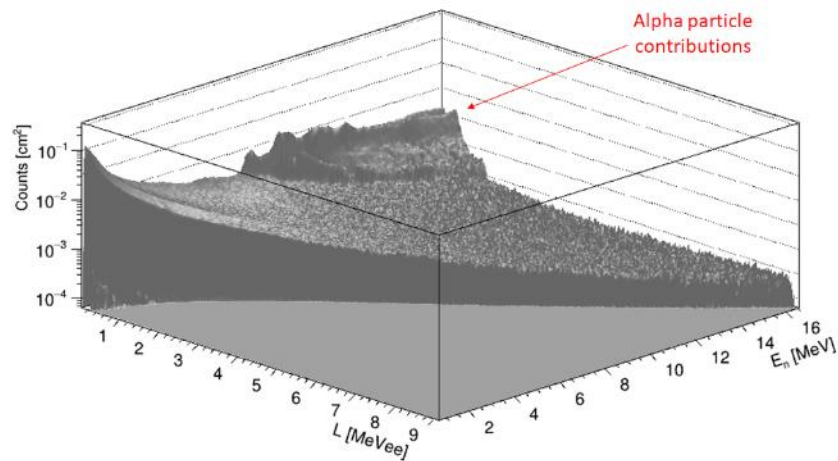
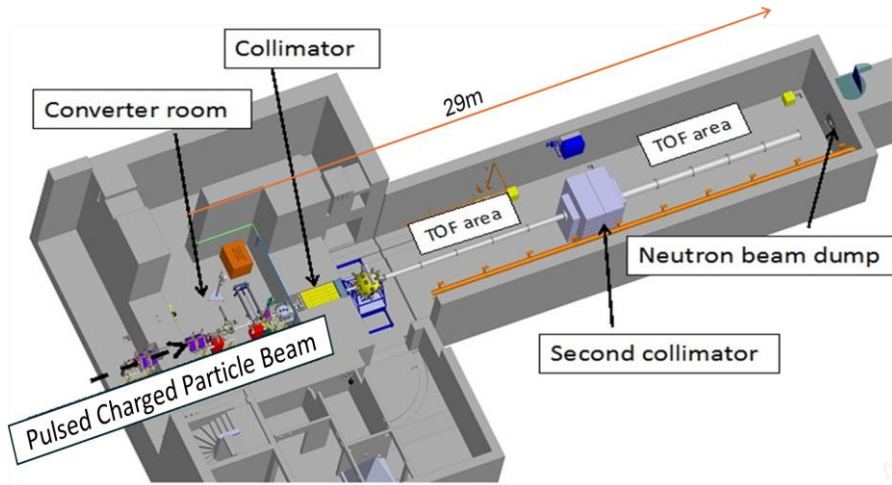


L'amélioration principale et "décisive" par rapport au système précédent est l'horodatage avec une résolution "high time" de chaque évènement

Etalonnage du système – la matrice de réponse

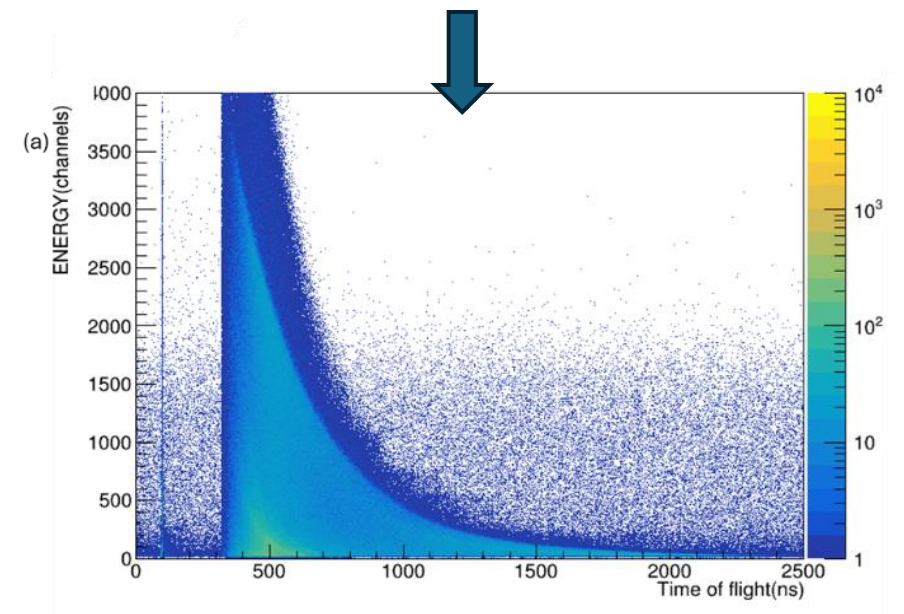
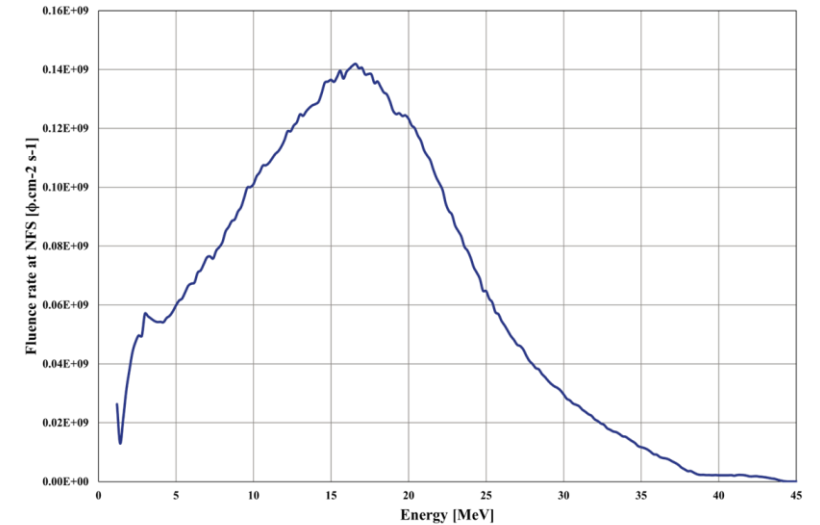
Neutrons For Sciences (France)

- Faisceau pulsé de deutérons de 40 MeV sur une cible de béryllium
- Distance de vol de 36m



Matrice neutrons
expérimental

Sans référence de
fluence



Etalonnage de la fluence à PTB



Physikalisch-Technische Bundesanstalt
National Metrology Institute

RESEARCH &
DEVELOPMENT

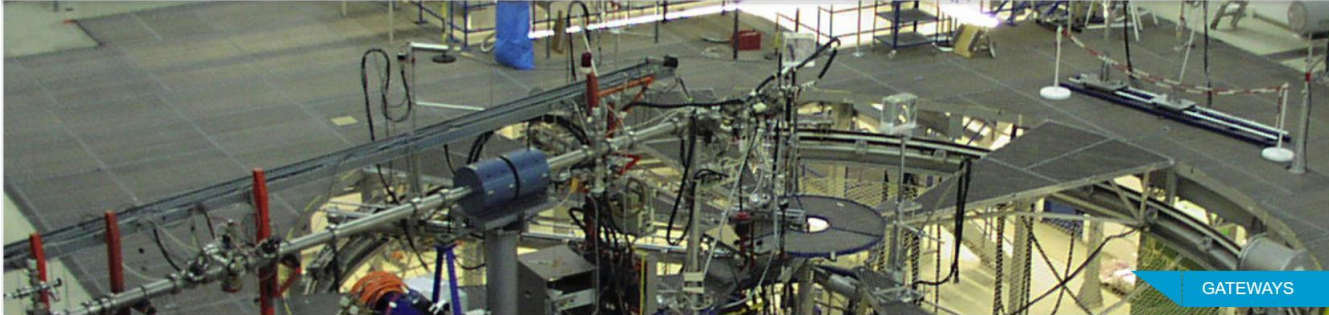
METROLOGICAL
SERVICES

INTERNATIONAL
AFFAIRS

PRESS &
WHAT'S NEW

ABOUT US &
CAREERS

STRUCTURE &
DIVISIONS

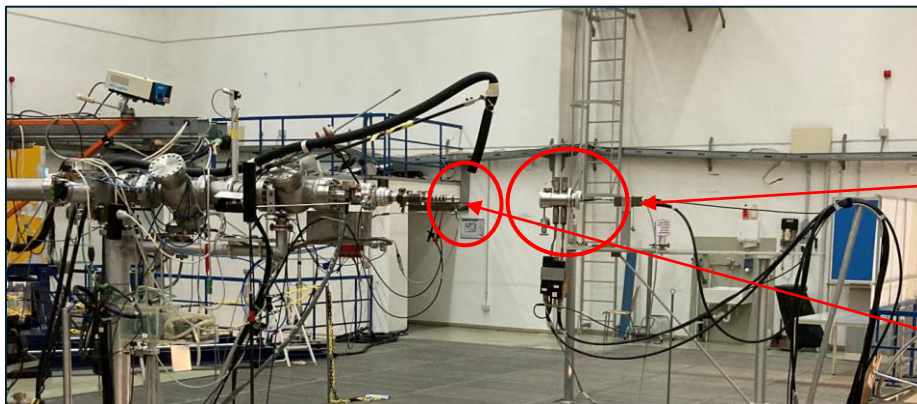


Le cyclotron de PTB était hors service



Faisceau de neutrons mono-énergétique

- 1.2 MeV, 2.8 MeV, 5 MeV, 14 MeV, 17 MeV et **19 MeV**



Scintillateurs
(LMDN)

Détecteur primaire
(PTB)

Cible

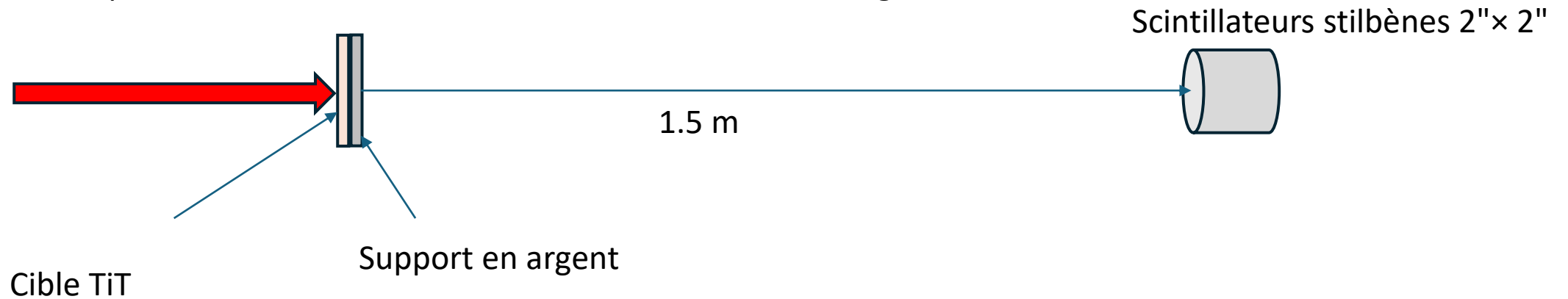


Analyse des mesures en temps de vol

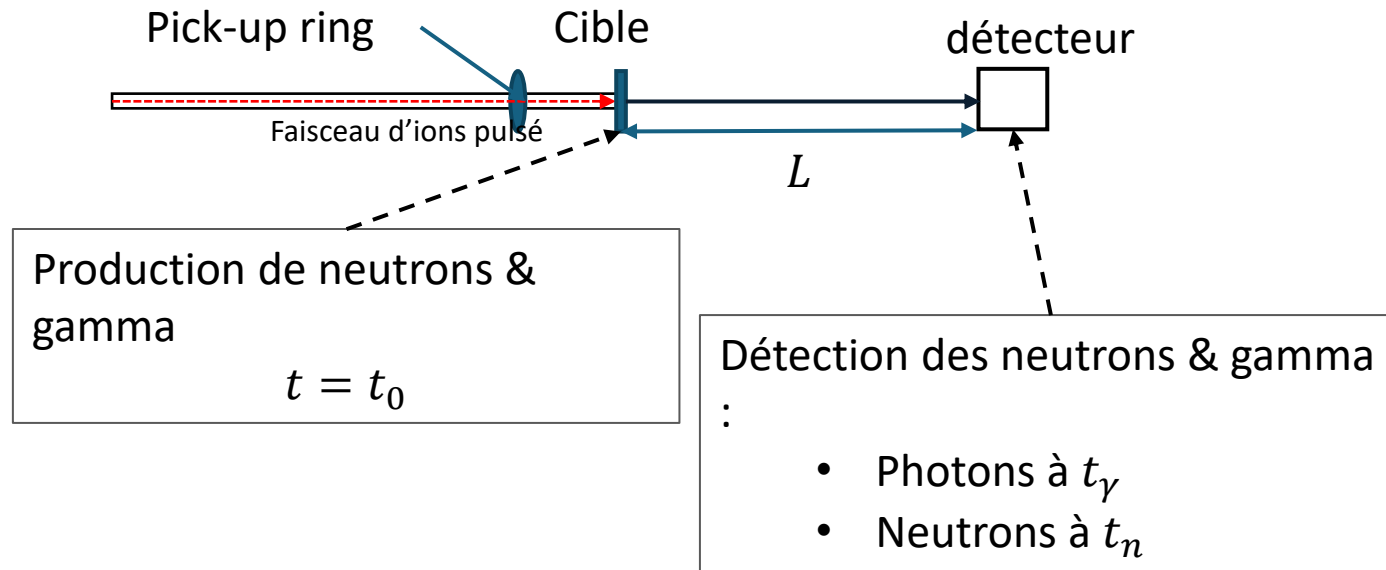


Malheureusement, l'accélérateur AMANDE est en panne.
Nos manipulations ont été reportés.

Faisceau pulsé à 2MHz de deuteron de 2.604 MeV avec une largeur de 3ns



Méthode du temps de vol (*ToF*)

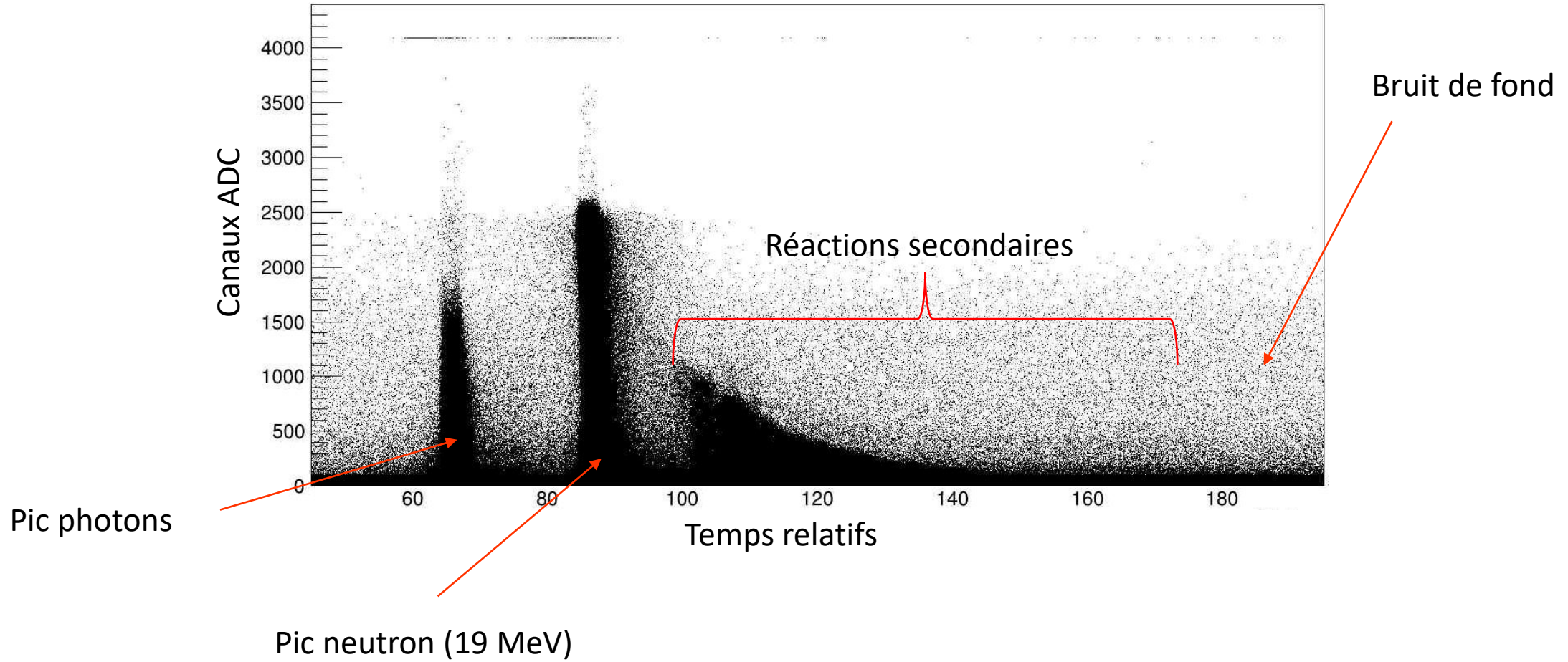


$$\text{Photons ToF} = \frac{L}{c} \quad \text{so } t_0 = t_\gamma - \frac{L}{c}$$

$$\text{Neutrons ToF} = t_n - t_\gamma + \frac{L}{c}$$

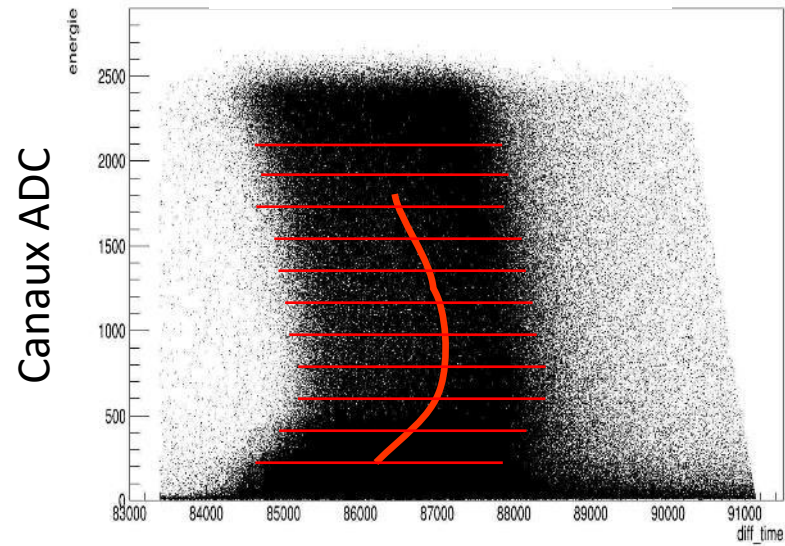
- Condition pour appliquer la méthode ToF
 - Les neutrons et les gamma doivent être créés au même moment
 - Objectif atteint en utilisant un faisceau pulsé
- Les détecteurs doivent avoir le même temps de réponse quelque soit l'énergie déposée
 - On utilise pour cela la méthode CFD

VUE GENERALE



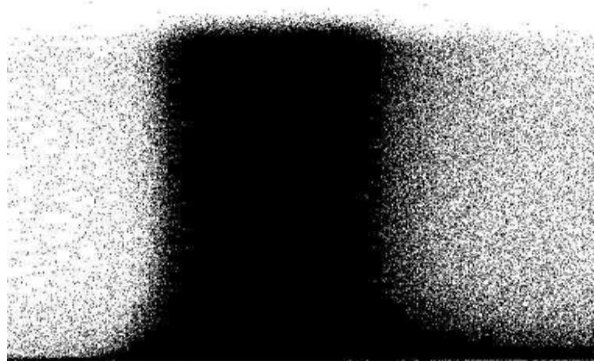
CORRECTION DE LA FORME DES PICS

Pic neutrons 19 MeV



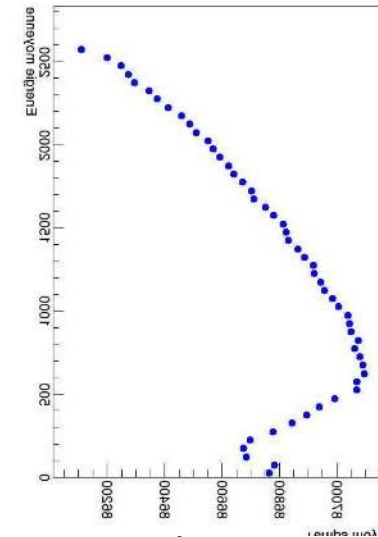
Temps

Canaux ADC



Temps

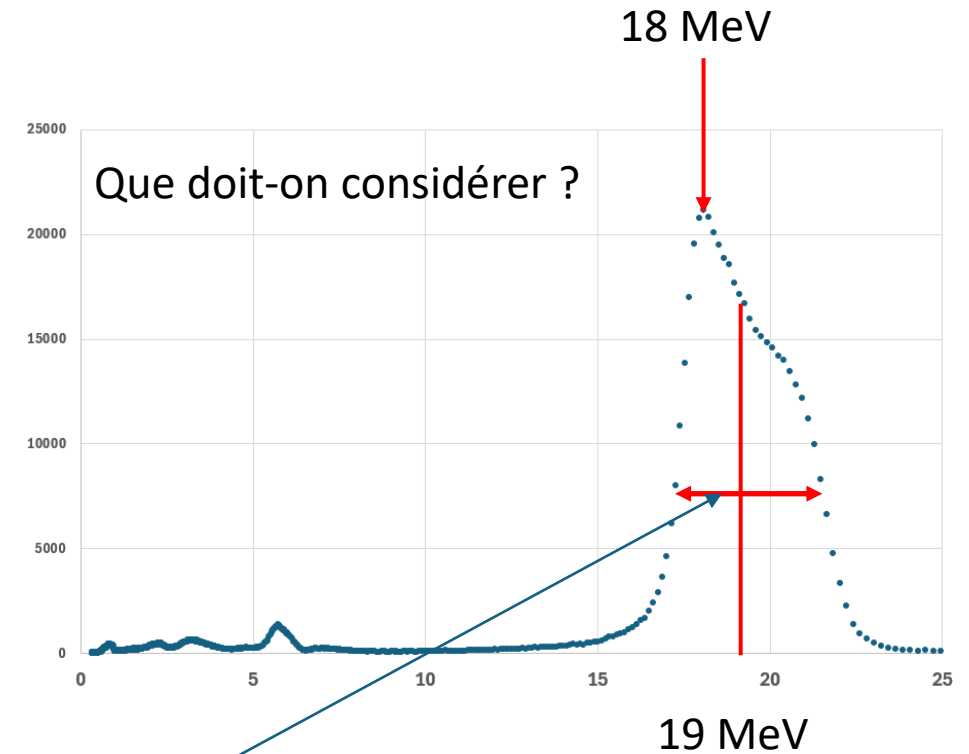
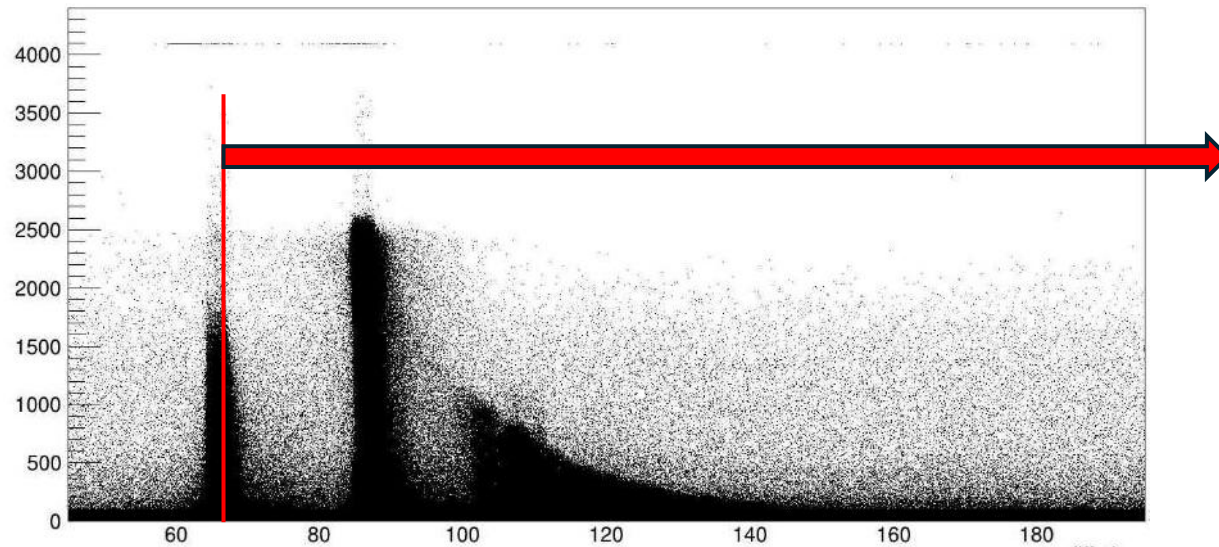
Canaux ADC



Energie moyenne en fonction du temps moyen



EFFET DE LA FORME DE L'IMPULSION



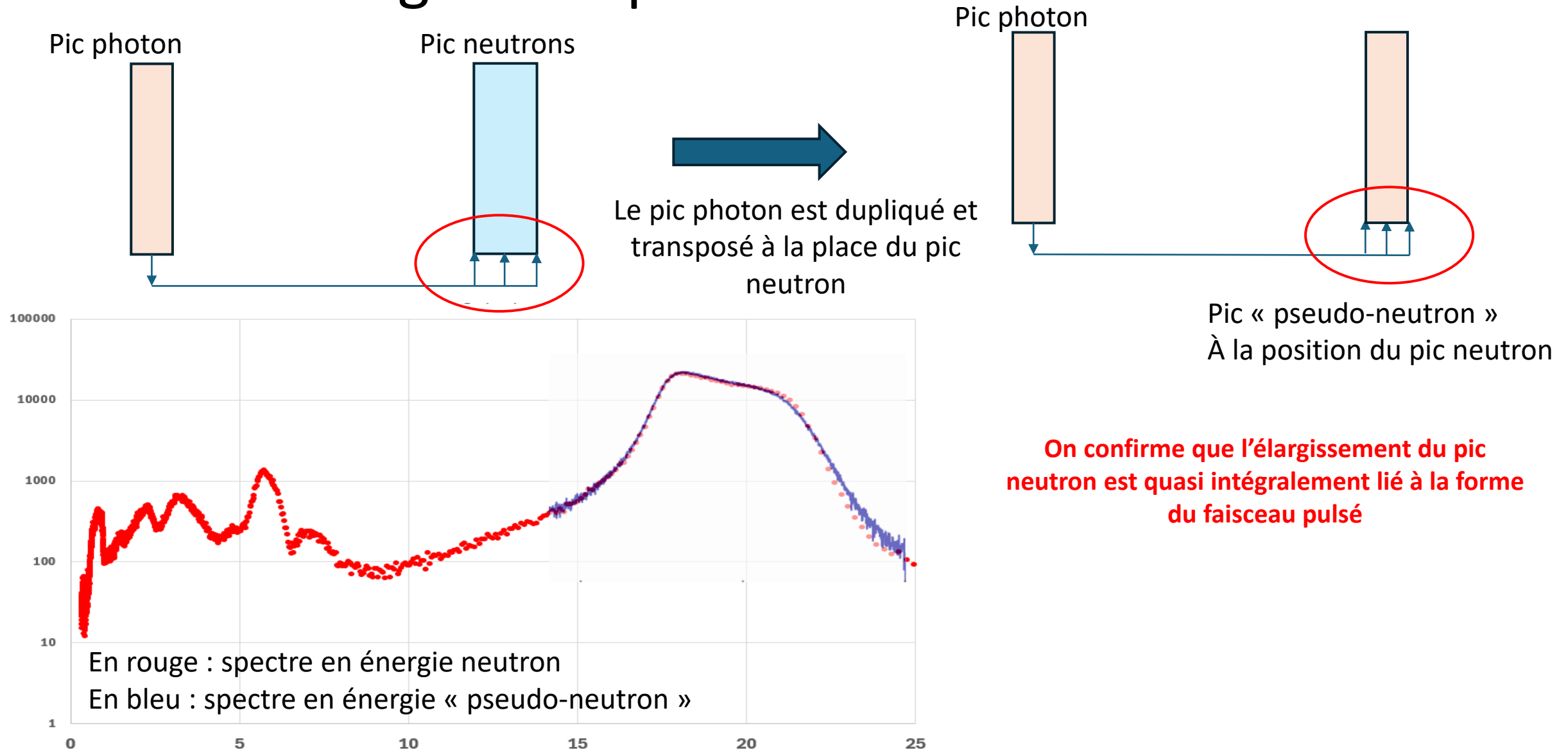
Pic photon

Pic neutron

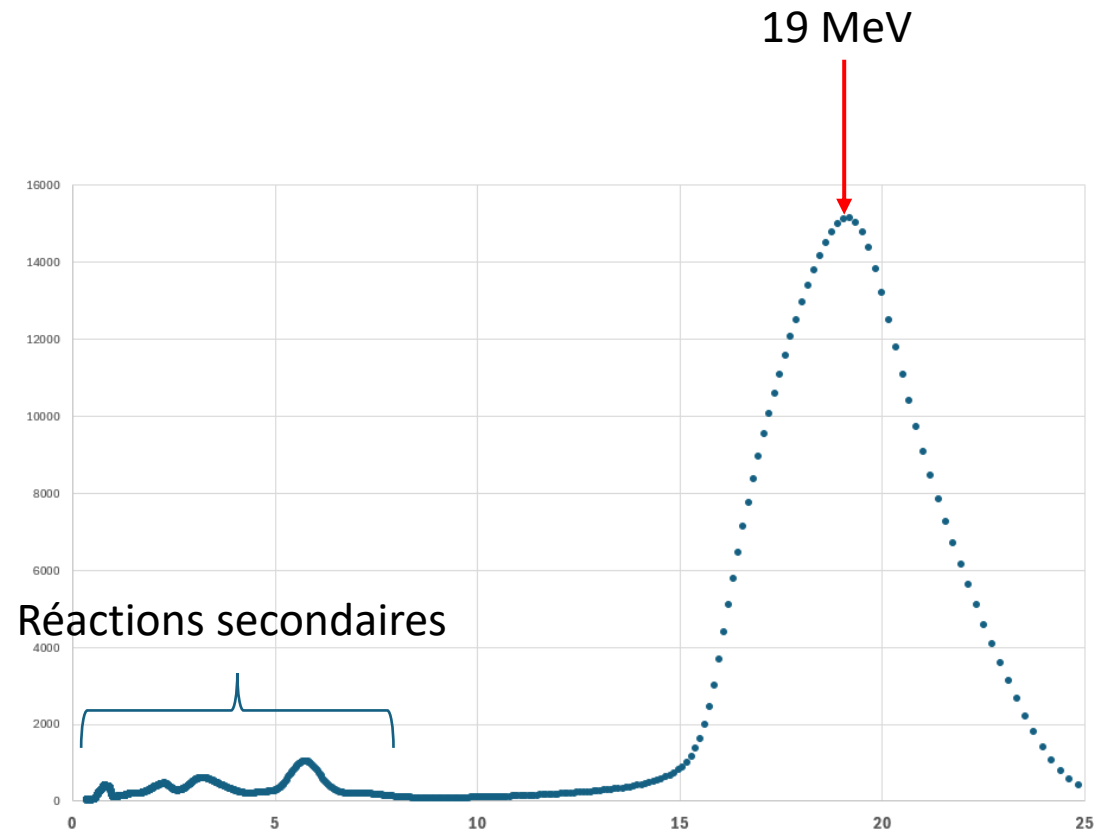
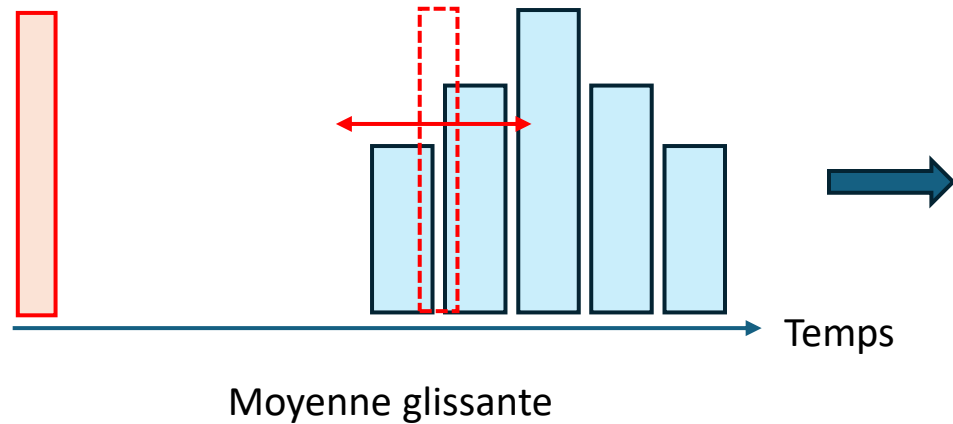
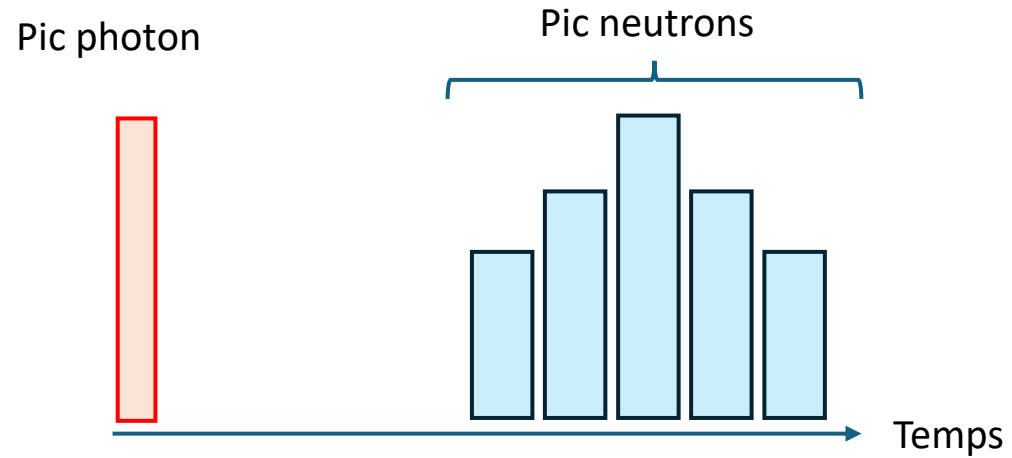
ΔT

Il est nécessaire d'étudier la forme du pic neutron

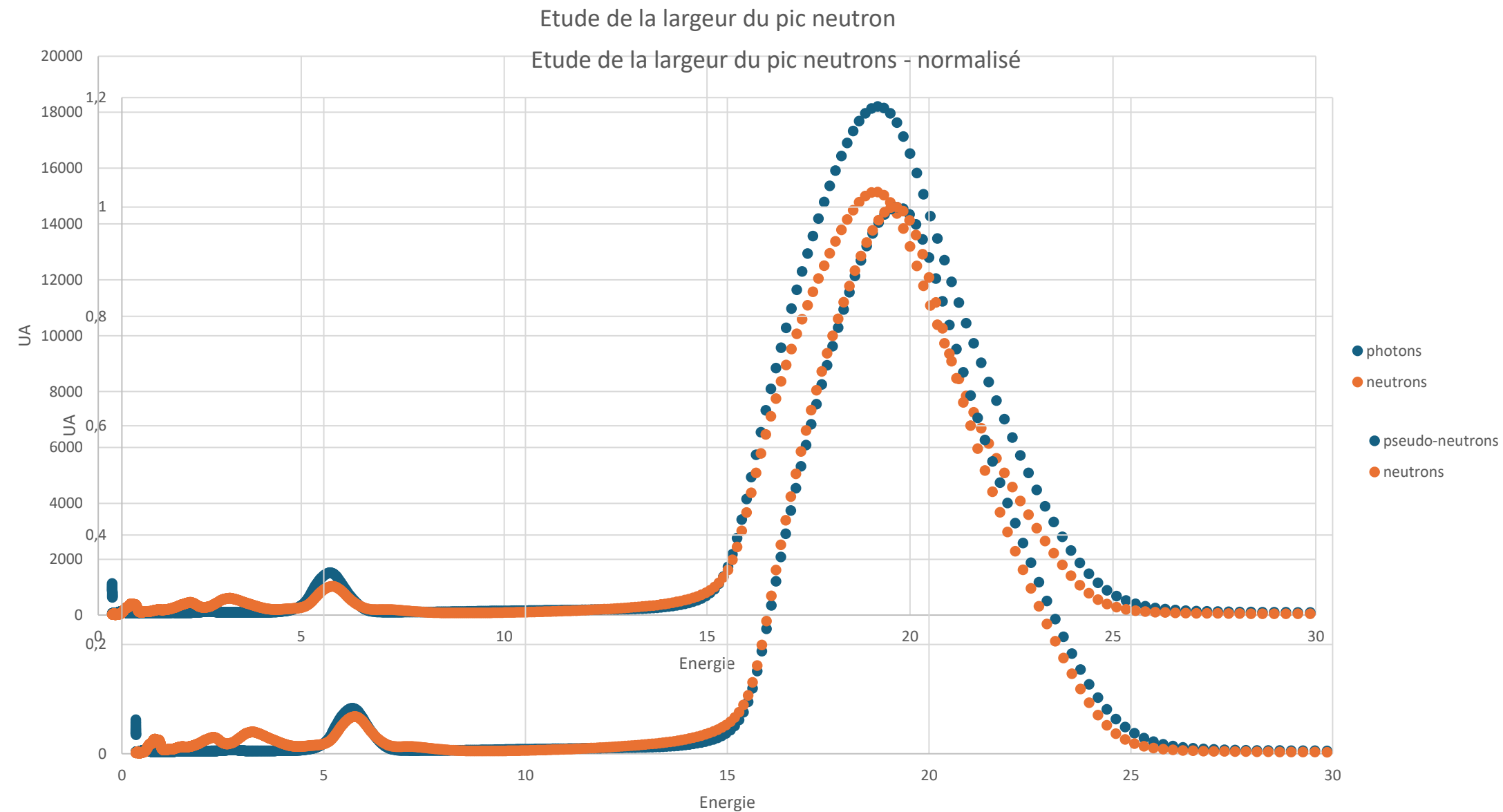
Etude de la largeur du pic neutron



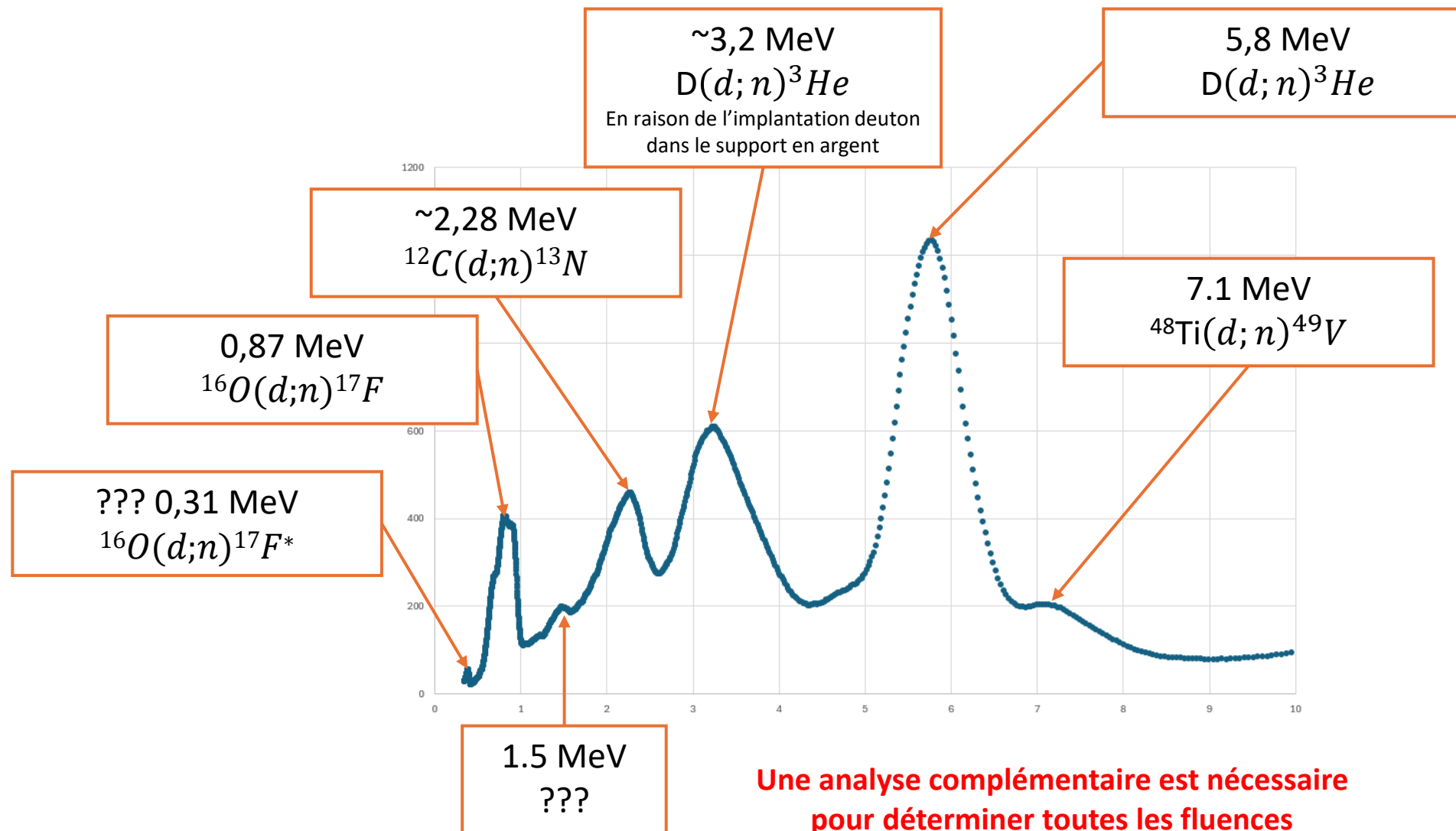
DÉTERMINATION DE L'ENERGIE DU PIC NEUTRON



ETUDE DE LA LARGEUR DU PIC NEUTRONS

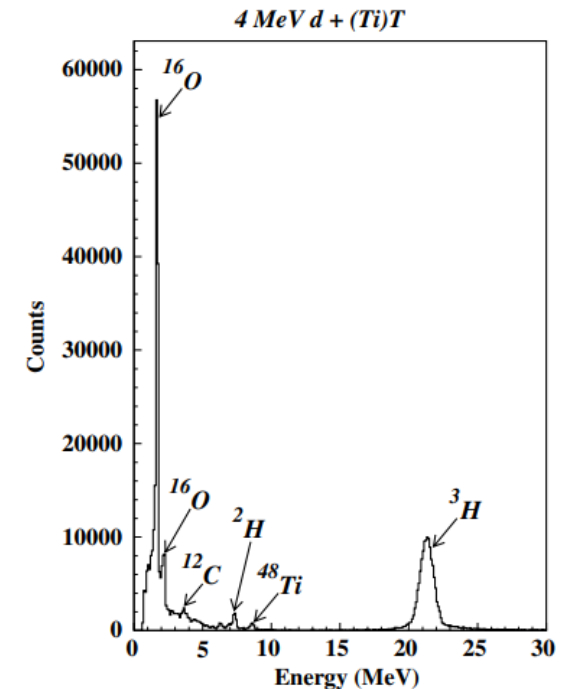


Identification des réactions secondaires



Une analyse complémentaire est nécessaire pour déterminer toutes les fluences

- From : C. Varignon et al. / Nucl. Instr. and Meth. in Phys. Res. B 248 (2006). CEA measurements (France)



QUELQUES CONCLUSIONS

- L'ensemble du système est en cours de finalisation en vue de tests de mise en service opérationnel sur l'installation AMANDE dès que l'accélérateur aura été réparé.
- L'apport de l'horodatage des acquisitions numériques pour effectuer des corrections et les vérifier est remarquable.
- L'identification des réactions secondaires est tout à fait possible, même dans certaines situations difficiles, et la matrice de réponse devrait donner la distribution de l'énergie de fluence.
- La capacité des stilbènes à détecter les neutrons inférieurs à 1 MeV signifie que la gamme d'énergie d'AMANDE (100 keV-20 MeV) est entièrement couverte*.

Merci à l'équipe de la PTB (et de NFS)



Merci pour votre attention !

Detectors/acquisition system

PSD : **P**ulse **S**hape **D**iscrimination

PSD as a function of ADC channels

